

# 微量元素を添加したAZ91合金の高温引張試験と

## アルカリ性塩水腐食試験

金森陽一\*, 樋尾勝也\*

### Tensile Tests at Elevated Temperature and Alkaline Salt Corrosion Testings for AZ91 Magnesium Alloys Containing Additional Elements

Yoichi KANAMORI and Katsuya HIO

#### 1. はじめに

希土類元素（以下REとする.）は高価であることから、REを使用しない、REフリー耐熱Mg合金の開発が望まれている<sup>1)</sup>。

Bi, Snなどの元素はMg合金と融点の高い金属間化合物を形成する<sup>2)</sup>。これらの元素を添加し、金属間化合物を分散させることにより、Mg合金の耐熱性を向上させることができると考える。しかし、Mg合金への元素添加は、添加元素によるMg合金の耐食性低下が懸念される。このため、微量元素添加による耐熱Mg合金を実現するためには、Mg合金の耐熱性ととも耐食性に及ぼす微量元素の影響を明らかにする必要がある。

これまでに、微量元素を単独及び複合添加したAZ91合金の凝固組織及び室温での機械的性質を明らかにした<sup>3)</sup>。そこで、本研究では、耐熱性、耐食性に及ぼす微量元素の影響を調べるため、微量元素を添加したAZ91合金の高温引張試験及びアルカリ性塩水腐食試験を行った。

#### 2. 実験方法

##### 2. 1 試料作製

市販のAZ91合金を母合金とし、約600gの母合金をSF<sub>6</sub>ガス雰囲気下の鉄るつぼに入れて電気炉で溶解した。完全に溶け落ちた後、Bi, Sb, Sn,

Srを単独及び複合添加した。添加には純金属を用いた。その純度は、99.999%Bi, 99.999%Sb, 99.9%Sn, 99%Srである。添加した元素の目標化学成分は、単独、複合添加ともに0.5mass%とした。

添加後、973Kまで昇温し、その温度で5min間保持した。その後、試料（30mm×75mm×25mm）作製用金型に注湯し、100MPaの圧力をかけながら凝固させた。

作製した試料についてはICP発光分析法により成分分析を行い、添加元素の含有量を測定するとともに、主要合金元素の含有量がAZ91合金の規格内に入っていることを確認した。表1に作製した試料の化学成分を示す。

表1 作製した試料の化学成分 mass%

	Al	Zn	Mn	Bi	Sb	Sn	Sr
無添加	9.10	0.71	0.22				
Bi	8.79	0.64	0.26	0.58			
Sb	8.92	0.60	0.29		0.48		
Sn	8.85	0.60	0.30			0.63	
Sr	8.39	0.60	0.23				0.48
Bi+Sb	8.77	0.57	0.28	0.56	0.62		
Bi+Sn	8.51	0.56	0.28	0.54		0.55	
Bi+Sr	8.38	0.62	0.21	0.46			0.54
Sb+Sn	8.40	0.58	0.25		0.57	0.55	
Sb+Sr	8.54	0.62	0.21		0.23		0.35
Sn+Sr	8.20	0.59	0.20			0.54	0.49

\* 金属研究室研究グループ

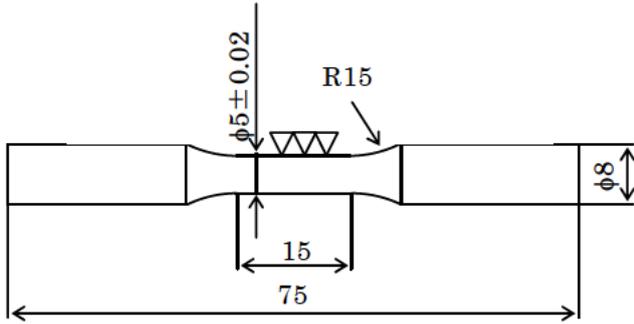


図1 φ8mm 丸棒試験片 (単位: mm)

## 2.2 高温引張試験とアルカリ性塩水腐食試験

高温引張試験については、試料中心部よりφ8mmの丸棒試験片を作製し、クロスヘッド速度: 1mm/minで試験を行った。試験温度は473Kとした。図1にφ8mm丸棒試験片の形状を示す。

アルカリ性塩水腐食試験は、JIS H 0541(2003)に準じて、アルカリ性塩水浸せき試験により行った。試験片は、試料中心部より加工した平板試験片(幅: 20mm, 長さ: 25mm, 厚さ: 3mm)とした。試料表面については、腐食試験前に、#1200の研磨紙で研磨を行った。試験後の評価については、腐食速度、外観観察及び試料表面部の顕微鏡観察により行った。腐食速度については式(1)から算出した。

$$R = (W \times 8.76 \times 10^4) / (T \times A \times D) \quad (1)$$

ここで、R: 腐食速度(mm/y), W: (腐食試験前の

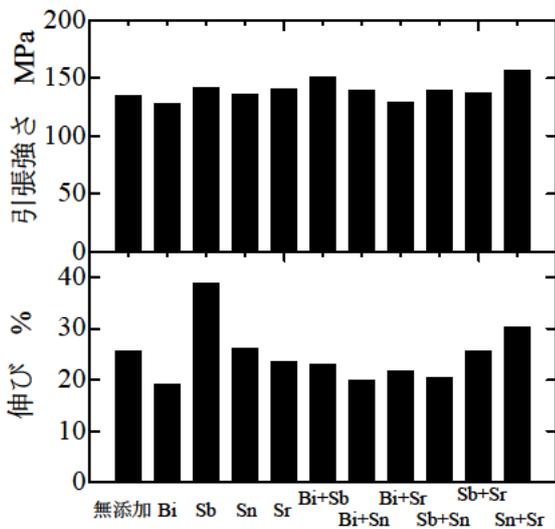


図2 473Kにおける引張試験結果

試験片質量-腐食試験後の試験片質量) (g), T: 試験時間(h), A: 試験片の表面積(cm<sup>2</sup>), D: 試験片の密度(g/cm<sup>3</sup>)である。

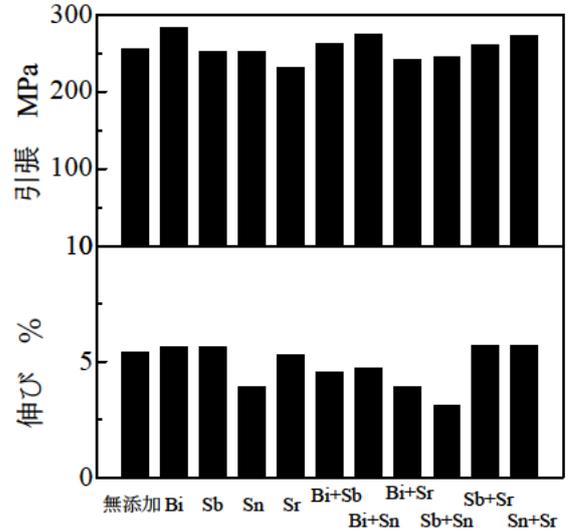


図3 室温における引張試験結果

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 高温引張試験

図2に473Kにおける引張試験の結果を示す。比較として、図3に室温における引張試験結果<sup>3)</sup>を示す。473Kにおける無添加の引張強さは約135MPaで、室温の約255MPaに比べ、大幅に低

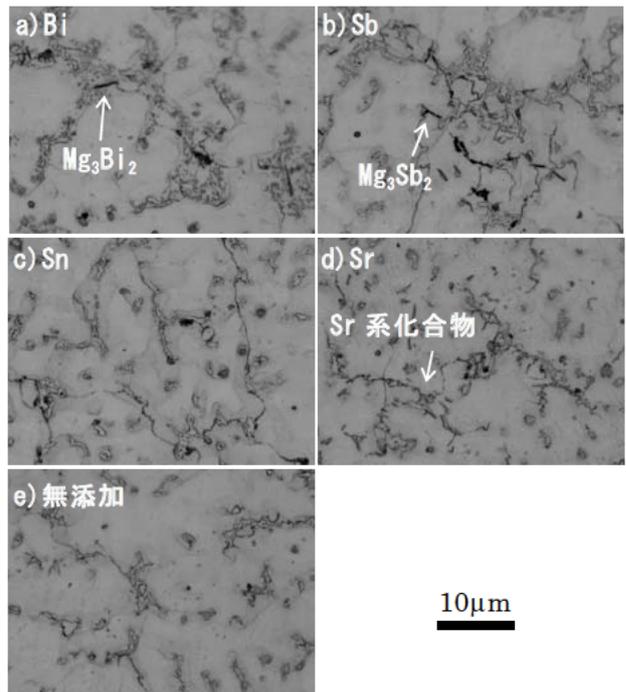


図4 単独添加の凝固組織

下した. これに対し, 473Kにおける伸びは約 25%で, 室温の約 5.5%に比べ, 大幅に向上した. これらの結果は, 単独及び複合添加した試料においても同様であった.

無添加と添加した試料の 473K での引張強さを比較すると, Bi 単独及び Bi+Sr 複合添加を除く条件において無添加より引張強さが大きく, 添加により引張強さが向上することがわかった. しかし, 添加による引張強さの向上は小さかった. 最も引張強さが向上した条件は Sn+Sr 複合添加であり, 無添加に比べ 16%程度引張強さが向上した. この向上は, Sr 添加による析出強化, Sr 添加による結晶粒微細化, Sn 添加による固溶強化などによると考えられるが, これらの効果の詳細については更に検討する必要がある.

図 4 に Bi, Sb, Sn, Sr を単独添加した試料の凝固組織<sup>3)</sup>を示す. Bi, Sb 添加では, 粒界近傍にそれぞれ, 棒状の  $Mg_3Bi_2$ ,  $Mg_3Sb_2$ , Sr 添加では粒界付近に Sr 化合物が観察された. 特に Sb, Sr 添加では, これらの化合物が大量に晶出しており, 無添加に比べ凝固組織は大きく異なっていた. このように元素添加により, 凝固組織は変わるが, これが高温引張強さにあまり反映されないことが明らかとなった.

伸びについては, 無添加に比べ, ほとんどの条件で低下した. これは, 強度向上による延性の低下である. Sb における伸びの向上は不明であり, 今後詳細な検討が必要である.

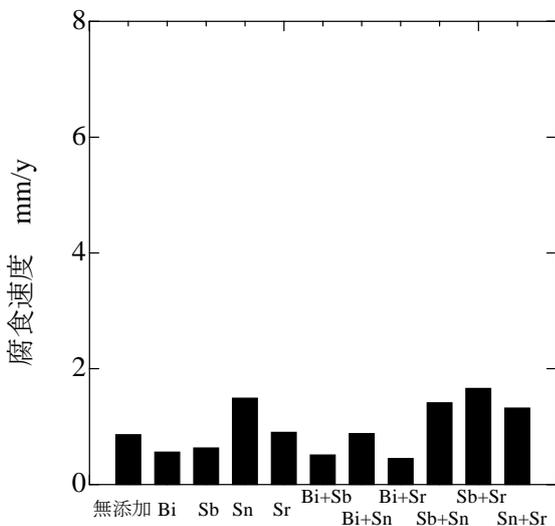
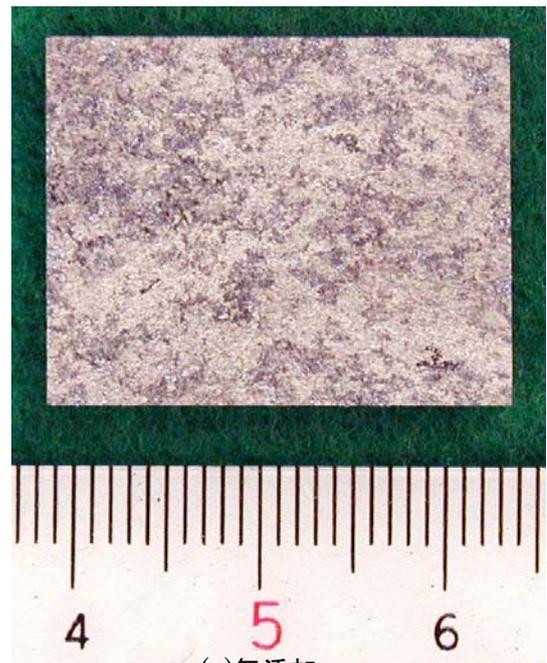


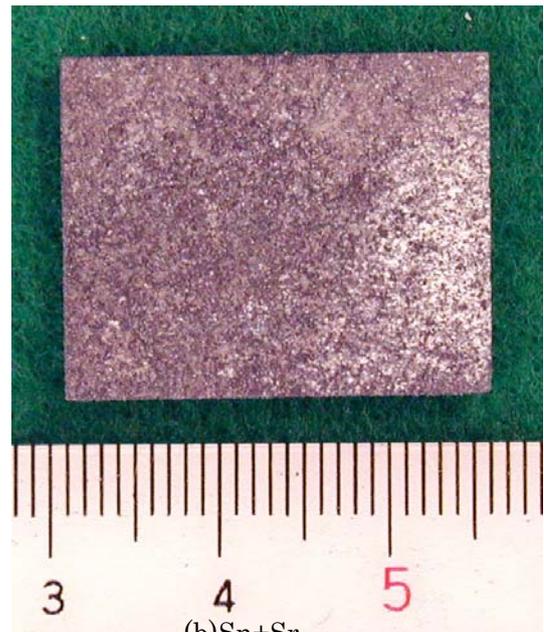
図 5 単独及び複合添加した合金の腐食速度

### 3. 2 アルカリ性塩水腐食試験

図 5 に単独及び複合添加した AZ91 合金の腐食速度を示す. Sn, Sb+Sn, Sb+Sr 及び Sn+Sr の腐食速度は, 無添加に比べ, 大きくなっているが, 単独及び複合添加による著しい耐食性の低下は確認されなかった. また, 本研究で検討した合金は, 他の開発 Mg 合金, 例えば Cu 添加耐熱 Mg 合金<sup>4)</sup>に比べ, アルカリ性塩水浸せき試験での腐食速度が小さいことがわかった. これらの結果から, 検討した合金では, 単独及び複合添加した試料と

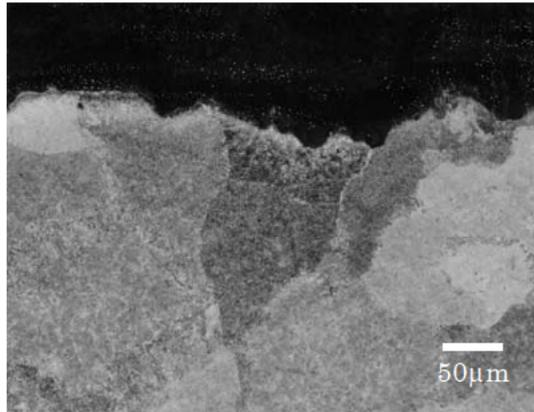


(a) 無添加

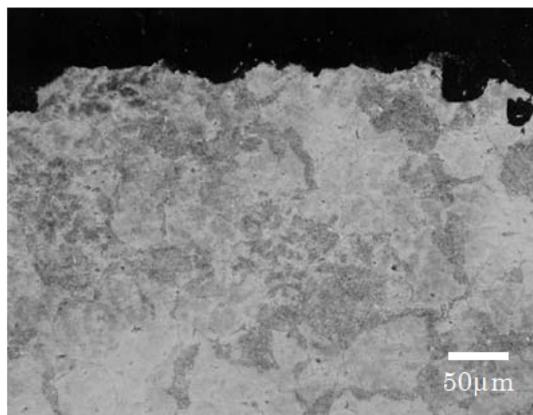


(b) Sn+Sr

図 6 腐食試験後の外観写真



(a)無添加



(b)Sn+Sr

図7 腐食試験後の表面の組織写真

もに、アルカリ性塩水に対する耐食性に及ぼす添加元素の影響は比較的小さいことがわかった。

腐食試験後の外観は、すべての試料において、全面腐食面となっていた。外観の模様については、試料ごとに異なっていたが、添加元素と外観模様の関係については確認できなかった。図6に、代

表的な結果として、(a)無添加、(b)Sn+Srの腐食試験後の外観写真を示す。

腐食試験後の断面を観察したところ、単独及び複合添加した試料において、おおむね均一腐食を生じていた。この結果は、Mgが腐食しやすいことに起因していると考えられる。図7に代表的な結果として、(a)無添加、(b)Sn+Sr腐食試験後の断面写真を示す。

#### 4. まとめ

0.5mass%Bi, Sb, Sn, Srを単独及び複合添加したAZ91合金の473Kにおける高温引張試験及びアルカリ性塩水腐食試験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) Sn+Sr複合添加において、無添加に比べ、約16%引張強さが向上した。
- (2) 単独及び複合添加ともに、アルカリ性塩水に対する耐食性に及ぼす添加元素の影響は比較的小さい。

#### 参考文献

- 1)例えば、小島 陽：“最近のマグネシウム合金の動向”。*鋳物技術講演会テキスト*, p1-12(2001)
- 2)長崎 誠三ほか：“*変態図及び状態図集*”。改訂3版 *金属データブック*, p500, p560-561(1995)
- 3)金森 陽一ほか：“微量元素を添加したAZ91合金の凝固組織と機械的性質”。*三重県科学技術振興センター工業研究部研究報告*, 29, p53-57(2005)
- 4)茂木 徹一ほか：“Mg-Al-Cu系合金の耐熱性と耐食性”。*軽金属学会第109回秋期大会講演概要*, p95-96(2005)